

chi

[Previous Doc](#) [Next Doc](#) [Go to Doc#](#)
[First Hit](#)

☐ [Generate Collection](#)

L6: Entry 41 of 48

File: DWPI

Apr 18, 1989

DERWENT-ACC-NO: 1989-156654
DERWENT-WEEK: 198921
COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Mould estimation appts. for injection moulding machines - includes temp. detection means and time ave. temp. calculation means

PATENT-ASSIGNEE:

ASSIGNEE

CODE

SUMITOMO HEAVY IND LTD

SUMH

PRIORITY-DATA: 1987JP-0256288 (October 13, 1987)

[Search Selected](#)

[Search ALL](#)

[Clear](#)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<input type="checkbox"/> JP 01099826 A	April 18, 1989		016	
<input type="checkbox"/> JP 92000816 B	January 8, 1992		000	

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
JP 01099826A	October 13, 1987	1987JP-0256288	
JP 92000816B	October 13, 1987	1987JP-0256288	

INT-CL (IPC): B29C 45/78

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 01099826A

BASIC-ABSTRACT:

Appts. comprises a temp. detection means to detect an observed value of a mould temp. or melted resin temp. and a time average temp. calculation means to calculate a time average temp. of the mould for each injection moulding cycle. The mould temp. controller, having a heating medium temp. control means to control temps. of heating medium to heat the mould, is equipped with the mouldtemp. estimation appts. and a command value calculation means to calculate a command value for a heating medium temp. control means to control a temp. of the heating medium so that a mould temp. of the next moulding cycle is equal to the target value of the mould temp. from the time ave. temp. and the target mould temp..

USE/ADVANTAGE - To control a temp. of a heating medium of which response speeds are slow.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/0

TITLE-TERMS: MOULD ESTIMATE APPARATUS INJECTION MOULD MACHINE TEMPERATURE DETECT
TIME TEMPERATURE CALCULATE

DERWENT-CLASS: A32

CPI-CODES: A09-D01; A11-A02; A11-B12C;

POLYMER-MULTIPUNCH-CODES-AND-KEY-SERIALS:

Key Serials: 0229 3233 2361 2363 2510

Multipunch Codes: 014 03- 371 377 437 461 504 56&

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1989-069552

[Previous Doc](#)

[Next Doc](#)

[Go to Doc#](#)

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-99826

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)4月18日

B 29 C 45/78
45/26

7258-4F
6949-4F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全16頁)

⑮ 発明の名称 射出成形機の金型温度推定装置と金型温度制御装置

⑯ 特 願 昭62-256288

⑰ 出 願 昭62(1987)10月13日

特許法第30条第1項適用 昭和62年10月1日～3日 計測自動制御学会、日本機械学会、日本自動制御協会主催の「第30回自動制御連合講演会」において文書をもつて発表

⑱ 発 明 者 谷 村 正 喜 東京都田無市谷戸町2丁目4番15号 住友重機械工業株式会社システム研究所内

⑲ 出 願 人 住友重機械工業株式会社 東京都千代田区大手町2丁目2番1号

⑳ 復代理人 弁理士 芦 田 坦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

射出成形機の金型温度推定装置と
金型温度制御装置

2. 特許請求の範囲

1. 射出成形機の金型温度を、次の射出成形サイクルに適した金型温度に設定するための射出成形機の金型温度推定装置において、射出成形機の金型温度と溶融樹脂温度との少なくともどちらか一方の実測値を検出する温度検出手段と、前記実測値から、予め定められた演算式に基づいて、射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有することを特徴とする射出成形機の金型温度推定装置。

2. 特許請求の範囲第1項記載の射出成形機の金型温度推定装置において、前記演算式は、射出成形サイクル時間をサンプル周期とする離散時間系における状態空間表現を用いることを特徴とする

射出成形機の金型温度推定装置。

3. 射出成形機の金型の温度を調整するために該金型に熱的に接触する熱媒体の温度を制御する熱媒体温度制御手段を有する金型温度制御装置において、金型温度推定装置と指令値演算手段とを備え、該金型温度推定装置は、前記射出成形機の金型温度と溶融樹脂温度との少なくともどちらか一方の実測値を検出する温度検出手段と、前記実測値から予め定められた演算式に基づいて射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有し、前記指令値演算手段は、該時間平均温度と所定の金型温度目標値とから、次の成形サイクルにおける金型の温度が前記金型温度の目標値となるように前記熱媒体温度制御手段への指令値を演算することを特徴とする金型温度制御装置。

4. 特許請求の範囲第3項記載の金型温度制御装置において、前記演算式は、射出成形サイクル時間をサンプル周期とする離散時間系における状態空間表現を用いることを特徴とする金型温度制御

装置。

5. 特許請求の範囲第4項記載の金型温度制御装置において、前記時間平均温度演算手段及び指令値演算手段は、適応観測器を以て実現されることを特徴とする金型温度制御装置。

6. 特許請求の範囲第5項記載の金型温度制御装置において、前記適応観測器は、射出成形サイクル終了後に、前記実測値から予め定められた演算式に基づいて演算された射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度と当該射出成形サイクルにおいて実測した金型時間平均温度とを比較して、前記演算式のパラメータを、前記実測した金型時間平均温度に対応するように補正することを特徴とする金型温度制御装置。

7. 特許請求の範囲第5項記載の金型温度制御装置において、前記適応観測器は、射出成形サイクル終了後に、前記演算された金型時間平均温度と当該射出成形サイクルにおいて実測した金型時間平均温度との偏差に基づいて、前記熱媒体温度制御手段に与えられる指令値のためのフィードバック

〔℃〕よりも高い。このため、溶融樹脂の射出毎に、成形用金型の温度は上昇し、変動する。

しかしながら、従来は係る金型温度の変動を抑制するために、金型の温度を調節する冷却水等の熱媒体の供給装置を、金型が所定の目標温度に安定するまで、オペレータが試行錯誤的に操作していた。

〔発明が解決しようとする問題点〕

このように、従来の技術では、金型温度の変動を推定することなく、オペレータの試行錯誤に頼っていることから、製品歩留りが低いのが現状である。

しかも、係る金型温度の変動を単に外乱として扱う一般的な自動制御では、精度良く金型の温度を制御することが困難である。

また、現実には、応答速度が非常に遅い冷却水等を熱媒体に用いて、金型の温度の調整操作を行っているため、金型等の実際の温度に逐一対応させた実時間毎の制御では、却って、安定性の悪い制御を行ってしまうという問題もあった。

ク量を、前記指令値が前記所定の金型温度の目標値を実現するように制御することを特徴とする金型温度制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は射出成形機の連続射出成形作業中の金型温度の制御に関し、特に係る制御に用いられる金型温度推定装置と金型温度制御方法及び金型温度制御装置に関する。

〔従来の技術〕

一般に、射出成形機は、その連続射出成形作業中、安定した品質の良い製品を連続的に生産するためには、成形用金型の温度を精度良く制御することが必要である。

ところで、成形用金型のキャビティ内に成型材料である溶融樹脂を充填して成形品を生成している。

このとき、射出装置より射出される溶融樹脂の温度 T 〔℃〕は、一般的に成形用金型の温度 θ

そこで、本発明の技術的課題は、上記欠点に鑑み、金型温度の変動を補償し、応答速度の遅い熱媒体の制御に適した制御を行うための射出成形機のカ型温度推定装置と、それを用いたカ型温度制御装置を提供することである。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明によれば、射出成形機のカ型温度を、次の射出成形サイクルに適したカ型温度に設定するための射出成形機のカ型温度推定装置であって、射出成形機のカ型温度の実測値を検出するカ型温度検出手段と、前記カ型温度の実測値から、予め定められた演算式に基づいて、射出成形サイクル毎のカ型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有することを特徴とする射出成形機のカ型温度推定装置が得られる。

また、本発明によれば、射出成形機のカ型の温度を調整するために該カ型に熱的に接触する熱媒体の温度を制御する熱媒体温度制御手段を有するカ型温度制御装置において、カ型温度推定装置と指令値演算手段とを備え、該カ型温度推定装置は、

前記射出成形機の金型温度と溶融樹脂温度との少なくともどちらか一方の実測値を検出する温度検出手段と、前記実測値から予め定められた演算式に基づいて射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有し、前記指令値演算手段は、該時間平均温度と所定の金型温度目標値とから、次の成形サイクルにおける金型の温度が前記金型温度の目標値となるように前記熱媒体温度制御手段への指令値を演算することを特徴とする金型温度制御装置射出成形機が得られる。

[作用]

本構成によれば、金型温度推定装置により、金型温度の実測値から、所定の演算に従い、各成形サイクル毎の時間平均温度を算出する。よって、刻々と変化する実時間の金型温度に対して、その時間平均を採ることから、溶融樹脂の射出毎に上昇し変動する成形用金型の温度変化を一々外乱として考慮することなく、安定した温度値（時間平均温度）を以て未来値とすることができる。この

未来値に基づいて、次の成形サイクルにおける金型が所定の目標値温度になるように、金型に熱的に接触する熱媒体の温度を制御する熱媒体温度制御手段に、精密な指令値を与えることができる。即ち、応答速度の遅い実際の制御対象である冷却水等の熱媒体の特質に合致した精密な制御を行うことができる。

さらに、各成形サイクル毎の金型の時間平均温度を演算することから、その演算式を、状態空間表現に対応させることができる。この状態空間表現は、金型の任意の地点の温度と金型内の熱伝導率とに関する簡単な演算式として表現されることから、いわゆる、アナログからデジタル系に変換した新規な制御系設計手法として利用することができ、精密かつ迅速な制御を行うことができる。

[実施例]

次に、発明の実施例を図面を参照して説明する。

－第1実施例－

第1図に示すとおり、1は金型であり、固定金型及び可動金型からなっている。金型1に射出シ

リンダ2からの溶融樹脂を射出し、所定の射出成形サイクルに従い、成形品が形成される。

このとき、金型温度は高温の溶融樹脂からの熱により変動する。このため、熱媒体温度制御手段である冷却水温調整装置8は、後述する金型温度制御装置14からの冷却水温指令値 θ^* に従い、冷却水循環ポンプ7を駆動させ、次の成形サイクルにおいて金型1が所定の金型温度目標値 θ になるように制御する。

金型温度制御装置14は、金型温度の実測値 θ を検出する金型温度検出手段である金型温度センサ11と、その実測値 θ に基づいて演算される今回の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度 $\theta_{(1)}$ を、フィードバック量として出力するフィードバック補償器13と、伝送線12を通じて送られるフィードバック補償器13からのフィードバック量 $\theta_{(1)}$ に、伝送線16を通じて送られる所定の金型温度の目標値 θ を合算する加算器3と、合算された値に基づいて、次の射出成形サイクルにおける金型1の温度を所定の設定

温度になるように、冷却水温調整装置8に、冷却水温指令値 θ^* を出力する直列補償器10とから構成されている。

ここで、本実施例のフィードバック補償器13における金型の時間平均温度 $\theta_{(1)}$ を導く演算式（谷村、明石；第30回自動制御適合講演会、前刷原稿）と、係る演算式をモデルとして一義的に展開され、射出成形サイクル時間をサンプル周期とする離散時間系における状態空間表現に基づく演算式とを下記に説明する。

まず、金型の熱特性のモデルと金型温度の計算球内の非定常熱伝導への近似とを行うに際し、第2図を用いて、以下の仮定を行う。

①固定金型及び可動金型110及び112と固定プラテン及び可動プラテン114及び116との接合面近傍に加熱装置（図示せず）を設置し、接合面における固定金型及び可動金型110及び112からの放熱を補償することとして、この接合面を断熱面として取扱う。

②溶融樹脂（図示しない）から固定金型及び可

動金型1110及び112への伝熱は、樹脂射出開始時にだけなされ、成形用空隙の近傍に溶融樹脂の温度の平面が一様な厚みをもって、金型の分割面上に瞬間的に形成されると仮定する。

③固定金型及び可動金型110及び112は、分割面に関し、対称な温度分布を仮定し、分割面を断熱面として扱う。

④固定金型及び可動金型110及び112から周囲外気への放熱は無視する。

⑤分割面と平行な冷却水温度の平面を仮定する。
以上の主な仮定に基づき、第2図に示すように、断熱面150における溶融樹脂温度の等温面と、金型内冷却水管路132近傍に冷却水温度の等温面との夫々の面積を、 A_0 、 A_1 [m²]とし、その二面間の距離を r_1 [m]とする。

次に、第3図のように、固定金型110を球に近似すると、固定金型110の金型成形面130と金型内冷却水管路132との間の熱伝導を非定常熱伝導として扱い、その温度分布を A_0 、 A_1 、 r_1 を用いて、第1式のように定義する。尚、

$$\begin{aligned} \theta &= \Theta \\ &+ \frac{2}{ar} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{\lambda_n^2 r^2}{a^2}} \cdot \sin \frac{S \pi r}{a} \int_0^a f_1(\lambda) \sin \frac{S \pi \lambda}{a} d\lambda \\ &+ \frac{2a\Theta}{r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{S} e^{-\frac{\lambda_n^2 r^2}{a^2}} \sin \frac{S \pi r}{a} \end{aligned} \quad \dots (6)$$

なお、ここで、 $f_1(r)$ を、第 $i-1$ サイクルにおける最終状態 $\theta_{i-1} = T$ と第(7)式～第(10)式を用いて定義する。

$$f_1(r) = \theta_{i-1} = T, \quad 0 < r < r_0 - \Delta r \quad \dots (7)$$

$$f_1(r) = T_n, \quad r_0 - \Delta r \leq r \leq r_0 \quad \dots (8)$$

$$f_1(r) = \theta_{i-1} = T, \quad r_0 < r \leq a \quad \dots (9)$$

$$\theta_{i-1} = \Theta \quad \dots (10)$$

但し、 T_n [°C]は溶融樹脂温度である。

更に、 $f_1(r)$ について、第(11)式～第(13)式のように補間を行う。

r [m]は仮想的な量、 Δr [m]は溶融樹脂温度の平面の厚み、また、温度分布は半径方向のみとして扱う。

$$r_0 = r_1 (A_0 + \sqrt{A_0 \cdot A_1}) / (A_1 - A_0), \quad A_1 > A_0 \quad \dots (11)$$

次に、第(1)式の非定常熱伝導方程式を、第(2)式～第(5)式の偏微分方程式で表す。

$$\partial(r\theta) / \partial t = \kappa \partial^2(r\theta) / \partial r^2 \quad \dots (2)$$

$$\theta|_{t=0} = f_1(r) \quad \dots (3)$$

$$\theta_{r=a} = \Theta, \quad a = r_0 + r_1 \quad \dots (4)$$

$$0 \leq t \leq T \quad \dots (5)$$

但し、 θ [°C]は金型の温度、 κ [m²/s]は温度伝導率、 Θ [°C]は冷却水温度、 $f_1(r)$ [°C]は第1サイクルにおける初期条件、 T [s]は射出周期である。

第(2)式～第(5)式の偏微分方程式を各サイクル毎に解析的に解くと、時刻 t_i における温度 θ は第6式(川下研介：熱伝導論、p334、河出書房1941)のようになる。

$$0 = S_0 < S_1 < S_2 \dots S_{n-1} < S_n \dots (11)$$

$$f_1(r) = f_1(S_i), \quad 0 < r < S_i \quad \dots (12)$$

$$\begin{aligned} f_1(r) &= (f_1(S_j) - f_1(S_{j+1})) / (S_j - S_{j+1}) \cdot r + (S_j \cdot f_1(S_{j+1}) - S_{j+1} \cdot f_1(S_j)) / (S_j - S_{j+1}), \\ &S_j < r < S_{j+1} \quad \dots (13) \end{aligned}$$

これを用いて、第(7)式の第2項の積分を解析的に解く。ここで、その計算例として、第10サイクルの解を第4図に示す。

次に、第(6)式の解 θ に関して、下記の第(14)式により、各サイクル毎の時間平均温度 $\theta_{i(n)}$ [°C]が求められる。

$$\theta_{i(n)} =$$

$$\begin{aligned} &\Theta_{i(n)} + \frac{2}{ar} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^2}{S^2} \frac{(e^{-\frac{\lambda_n^2 r^2}{a^2}} - 1)}{k S^2 \pi^2} \cdot \sin \frac{S \pi r}{a} \times \\ &\int_0^a \lambda (f_1(\lambda) - \Theta_{i(n)}) \sin \frac{S \pi \lambda}{a} d\lambda \end{aligned} \quad \dots (14)$$

この計算例を第5図に示す。

なお、上記第(6)式と第(14)式における無限級数は、実用上、有限項数で打ち切ることができる。又、実測の時間平均温度と、第(14)式の計算値との適合度は、 κ と δ の調整によって向上させることができる。

次に、状態空間表現を用いた演算式(ダイナミックシステムのデジタル制御; G. F. フランクリン、J. D. パウエル著、羽田博正訳、森北出版、(1985), pp128~133)を説明する。

先ず、本実施例における状態空間表現を用いた演算式は、先の第(6)式を展開した第(14)式を、さらに、無限次元から有限次元に変換、即ち、アナログからデジタル系に変換するものである。これを、下記の第(15)式に示す。

$$\begin{aligned} X(i+1) &= A X(i) + b \Theta(i) + e T_R \\ Y(i) &= C X(i) + d \Theta(i) + f T_R \end{aligned} \quad \dots (15)$$

ここで、 $X(i)$ 、 $X(i+1)$ は共に推定値であり、夫々、第1回目及び第 $i+1$ 回目の射出成形サイクルにおける射出直前の金型内の温度分布を表現

25とを有している。なお、後述するように、演算部24と補正部25とは、適応観測器より実現されるものである。

演算部24は、溶融樹脂の温度を検出する溶融樹脂温度センサ20より検出された溶融樹脂温度 T_R と冷却水の設定温度 Θ とから、未来の金型温度である各射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度 $\theta(i)$ を演算して推定し、係る時間平均温度 $\theta(i)$ に基づいて、所定の金型温度を実現しうる冷却水温度 Θ^* を求め、この冷却水温度 Θ^* を指令値 Θ^* として、冷却水温調整装置8に出力する。冷却水温調整装置8は冷却水温度が指令値 Θ^* に従った温度になるように調整を行う。

ここで、補正部25は、各射出成形サイクル終了後、金型温度センサ11により検出された金型温度に基づく時間平均温度の実測値 $Y(i)$ と演算された時間平均温度 $\theta(i)$ とを入力して、演算部24の演算内容におけるパラメータを、実測値 $Y(i)$ に対応するように補正する。さらに、演算部24は、パラメータを補正される度に、所

する状態ベクトル、 $\Theta(i)$ は第1回目の射出成形サイクルにおける冷却水温度、 T_R は溶融樹脂の温度、 $Y(i)$ は第1回目の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度の推定値である。即ち、第(15)式とは、 $Y(i)$ 、 $X(i)$ 、 $\Theta(i)$ 、 T_R に関する状態空間表現であり、換言すれば、金型温度の検出値と金型内の熱伝導とに関する簡単な演算式に基づいて、各射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を与えるものである。

— 第2の実施例 —

第2の実施例を第6図に示す。但し、第1図と同一の参照符号により示されるものは、同様の機能を有し、その説明を省略する。

本実施例の金型温度制御装置14は、金型の時間平均温度を演算する金型温度推定部(図示しない)と、伝送線16からの金型温度目標値を受け、冷却水温調整装置8への指令値を演算する指令値演算部(図示しない)とからなる演算部24と、さらに、演算部24の演算内容を補正する補正部

25とを有している。なお、後述するように、演算部24と補正部25とは、適応観測器より実現されるものである。

なお、樹脂温度 T_R の変動が小さい場合には、樹脂温度 T_R も一定値として扱い、溶融樹脂温度センサ20を省略することができる。

次に、補正部25によるパラメータの補正演算内容を具体的に説明する。

まず、金型温度推定部における金型の時間平均温度 $Y(i)$ は、第1の実施例に記載したように、下記の状態空間表現を用いた第(16)式で表される。

$$\begin{aligned} X(i+1) &= A(i) X(i) + b(i) \Theta(i) \\ &\quad + e(i) T_R \\ Y(i) &= C(i) X(i) + d(i) \Theta(i) \\ &\quad + f(i) T_R \end{aligned} \quad \dots (16)$$

第(15)式と同様に、 $X(i)$ 、 $X(i+1)$ は共に推定値であり、夫々、第1回目の射出成形サイクルにおける射出直前の金型内の温度分布を表現する状態ベクトル、 $\Theta(i)$ は第1回目の射出成形サイクルにおける冷却水温度、 T_R は溶融樹脂の温

以下余白

度、 $Y_{(1) \dots}$ は第1回目の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度の推定値である。また、 $A(x)$ 、 $b(x)$ 、 $C(x)$ 、 $d(x)$ 、 $e(x)$ 、 $f(x)$ は、 κ をパラメータとする行列である。

一方、補正部25では、まず、第1回目の射出成形サイクル終了後、金型温度センサ11からの金型温度の実測値から、第1回目の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1) \dots}$ を求める。次に、実際に検出された時間平均温度 $Y_{(1) \dots}$ と演算部24より演算された時間平均温度 $\bar{Y}_{(1) \dots}$ との差から、パラメータ κ の補正分 $\Delta \kappa$ を下記の第(17)式に基づいて計算する。

$$\Delta \kappa = -\kappa \cdot (Y_{(1) \dots} - \bar{Y}_{(1) \dots}) / (X_{(1) \dots} - Y_{(1) \dots}) \quad \dots (17)$$

但し、 $X_{(1) \dots}$ は、 $X_{(1) \dots}$ なるベクトルの第 m 行目の要素で、金型温度センサ11が金型1の温度を検出する任意の位置の時間平均温度の推定値である。

ここで、第(17)式は、金型の時間平均温度 $\theta_{(1) \dots}$ を求める第(14)式より解析的に求め

値)が再計算され、冷却水温度調整装置8に出力される。

係る指令値 θ^* は、下記の第(20)式に基づいて計算されている。

$$\begin{aligned} X^* &= A(x) X^* + b(x) \theta^* + e(x) T_R \\ \theta_r &= C(x) X^* + d(x) \theta^* + e(x) T^* \end{aligned} \quad \dots (20)$$

但し、 X^* は $X_{(1) \dots}$ と同じサイズのベクトルである。

このように、補正部25で演算部24のパラメータ κ を補正する際に、未知パラメータ($\kappa + \Delta \kappa$)を同定しながら状態変数($X_{(1) \dots}$)を推定する機構を適応観測器(適応制御; 市川邦彦ほか、昭晃堂、(1984) PP.54)と定義する。

—第3の実施例—

第3の実施例を、第7図及び第8図に示す。但し、第1図と同一の参照符号により示されるものは、同様の機能を有し、その説明を省略する。

本実施例の金型温度制御装置14は、溶融樹脂温度センサ20と、金型温度センサ11と、適応

られる。即ち、第1回目の射出成形サイクルにおいて、パラメータ κ の $\Delta \kappa$ は、

$$\Delta \kappa = -\kappa \cdot (Y_{(1) \dots} - \bar{Y}_{(1) \dots}) / (\partial Y_{(1) \dots} / \partial \kappa) M \quad \dots (18)$$

として求められる。このとき、第(14)式によれば、 $\partial Y_{(1) \dots} / \partial \kappa$ が、解析的に求められることから、それを第(18)式に代入して、第(17)式が得られる。

また、第(17)式の修正則では、補正部15の補正動作の感度が高すぎる場合に、 $0 < \alpha < 1$ なる適当な数 α を用いて、

$$\Delta \kappa = -\alpha \kappa \cdot (Y_{(1) \dots} - \bar{Y}_{(1) \dots}) / (X_{(1) \dots} - Y_{(1) \dots}) \quad \dots (19)$$

としても良い。

これにより、第(17)式により得られた $\Delta \kappa$ を用いて、補正部25は、まず、演算部24の演算内容(第(17)式)におけるパラメータ κ を、 $\kappa + \Delta \kappa$ に補正する。同時に、演算部24では、パラメータ κ が更新される度に、所定の金型温度の目標値 θ_r を実現しうる冷却水温度 θ^* (指令

観測器からなる推定部34と、推定した金型内の温度分布に基づいてフィードバック量を計算するフィードバック量計算部35とを有している。また、金型温度平均値計算器18が、推定部34に内蔵されており、金型温度センサ11からの金型温度の実測値から、射出成形サイクル終了後の金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1) \dots}$ を算出している。

まず、推定部34では、第1の実施例と同様に、第1回目の射出成形サイクルにおける射出直前の金型内の温度分布 $X_{(1)}$ 、第1回目の射出成形サイクル中における冷却水温度 θ 、溶融樹脂温度 T_R から、第(15)式に従い、第1回目の金型の時間平均温度 $Y_{(1) \dots}$ と、第1+1回目の射出直前の金型内の温度分布 $X_{(1+1)}$ とを算出する。

次に、第1回目の射出成形サイクル終了後、金型温度平均値計算器18により、第1回目の金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1) \dots}$ が算出される。

このとき、推定部34は、上記第(15)式より算出された第1回目の金型の時間平均温度

Y_{i+1} と、金型温度平均値計算器18より得られた金型の時間平均温度の実測値 Y_{i+1} との偏差に、 L を乗じ、第 $i+1$ 回目の射出直前の金型内の温度分布 X_{i+1} を、実測値 Y_{i+1} に Y_{i+1} が一致するように補正する。推定部34からの金型内の温度分布 X_{i+1} は、伝送線17を介して、フィードバック量計算部35に出力される。

フィードバック量計算部35は、 L を乗じることにより充分精度良く推定された金型内の温度分布 X_{i+1} に基づいて、第1回目の金型内の温度分布 X_{i+1} に、所定の金型の目標温度 θ_1 を実現するように、 K を乗じ、フィードバック量を計算する。得られたフィードバック量は、伝送線12を介して加算器3に帰還し、所定の金型目標温度 θ_1 と加算されて、冷却水温調整装置8に出力される。但し、 K 、 L は、共に列ベクトルである。

なお、推定部34に相当する適応観測器とフィードバック量計算器35とを有する場合の制御系

定を行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例の金型温度制御装置を備えた射出成形機のブロック図、第2図は金型を簡略化した透視斜視図、第3図は固定金型を球に近似させた場合を表すモデル図、第4図は第10サイクルにおける金型内の温度分布の変化を示す図、第5図は第(14)式による第1～第6射出成形サイクルの金型の時間平均温度 θ_1 の計算例を表す図、第6図は本発明の第2の実施例の金型温度制御装置を備えた射出成形機のブロック図、第7図は本発明の第3の実施例の金型温度制御装置のブロック図、第8図は本発明の第3の実施例の金型温度制御装置のブロック図である。

1…金型、2…射出シリンダ、3…加算器、7…冷却水循環ポンプ、8…冷却水温調整装置、10…直列補償器、11…金型温度センサ、13…フィードバック補償器、14…金型温度制御装

の設計方法には、「ダイナミックシステムのデジタル制御；G. F. フランクリン、J. D. パウエル著、羽根田博正訳、森北出版、(1985)、pp 139)」を用いても良い。

また、第1、第2及び第3の実施例において、冷却水温度は、実測値を用いてもよく、また、設定値通りに調整されていると仮定して、その設定値を用いてもよい。同様に、溶融樹脂温度も、実測値を用いてもよく、また、設定値通りに調整されていると仮定して、その設定値を用いてもよい。〔発明の効果〕

以上の説明のとおり、本発明の射出成形機の金型温度推定装置によれば、連続射出成形作業中において、金型温度の実測値から射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を推定することから、金型の温度変動を、外乱として扱うことなく補償することができ、応答速度の遅い熱媒体に適した制御を行うことができる。

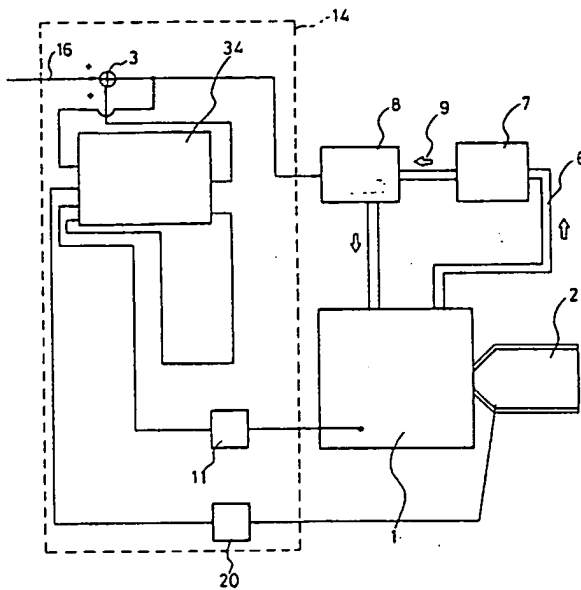
また、金型の時間平均温度を用いることから、状態空間表現を以て、簡単な式で、精度の良い推

置、16…金型温度目標値用伝送線、18…金型温度平均値計算器、20…溶融樹脂温度センサ、24…演算部、25…補正部、34…推定部、35…フィードバック量計算部。

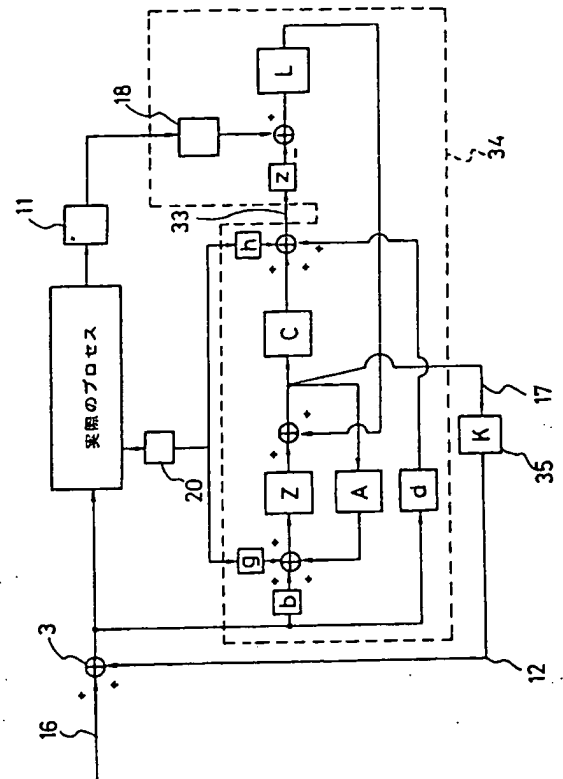
代理人 (7783) 弁理士 池田 憲保



第 7 図



第 8 図



手 続 補 正 書

昭和 62 年 11 月 27 日

特許庁長官 小 川 邦 夫 殿

1. 事件の表示

昭和 62 年特許願第 2 5 6 2 8 8 号

2. 発明の名称

射出成形機の金型温度推定装置と
金型温度制御装置

3. 補正をする者

事件との関係 特 許 出 願 人

名 称 (210) 住友重機械工業株式会社

4. 復代理人 〒105

住 所 東京都港区西新橋1丁目4番10号

第三森ビル TEL (591)1507:1523

氏 名 (5841)弁理士 芦 田 坦

(ほか2名)

5. 補正命令の日付

自発補正

6. 補正の対象

1) 明細書全文

7. 補正の内容

1) 別紙のとおり

明 細 書

1. 発明の名称

射出成形機の金型温度推定装置と
金型温度制御装置

2. 特許請求の範囲

1. 射出成形機の金型温度を、次の射出成形サイクルに適した金型温度に設定するための射出成形機の金型温度推定装置において、射出成形機の金型温度と熔融樹脂温度との少なくともどちらか一方の実測値を検出する温度検出手段と、前記実測値から、予め定められた演算式に基づいて、射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有することを特徴とする射出成形機の金型温度推定装置。

2. 特許請求の範囲第1項記載の射出成形機の金型温度推定装置において、前記演算式は、射出成形サイクル時間をサンプル周期とする離散時間系における状態空間表現を用いることを特徴とする

装置。

5. 特許請求の範囲第4項記載の金型温度制御装置において、前記時間平均温度演算手段及び指令値演算手段は、適応観測器を以て実現されることを特徴とする金型温度制御装置。

6. 特許請求の範囲第5項記載の金型温度制御装置において、前記適応観測器は、射出成形サイクル終了後に、前記実測値から予め定められた演算式に基づいて演算された射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度と当該射出成形サイクルにおいて実測した金型時間平均温度とを比較して、前記演算式のパラメータを、前記実測した金型時間平均温度に対応するように補正することを特徴とする金型温度制御装置。

7. 特許請求の範囲第5項記載の金型温度制御装置において、前記適応観測器は、射出成形サイクル終了後に、前記演算された金型時間平均温度と当該射出成形サイクルにおいて実測した金型時間平均温度との偏差に基づいて、前記熱媒体温度制御手段に与えられる指令値のためのフィードバック

射出成形機の金型温度推定装置。

3. 射出成形機の金型の温度を調整するために該金型に熱的に接触する熱媒体の温度を制御する熱媒体温度制御手段を有する金型温度制御装置において、金型温度推定装置と指令値演算手段とを備え、該金型温度推定装置は、前記射出成形機の金型温度と熔融樹脂温度との少なくともどちらか一方の実測値を検出する温度検出手段と、前記実測値から予め定められた演算式に基づいて射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有し、前記指令値演算手段は、該時間平均温度と所定の金型温度目標値とから、次の成形サイクルにおける金型の温度が前記金型温度の目標値となるように前記熱媒体温度制御手段への指令値を演算することを特徴とする金型温度制御装置。

4. 特許請求の範囲第3項記載の金型温度制御装置において、前記演算式は、射出成形サイクル時間をサンプル周期とする離散時間系における状態空間表現を用いることを特徴とする金型温度制御

装置。前記指令値が前記所定の金型温度の目標値を実現するように制御することを特徴とする金型温度制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は射出成形機の連続射出成形作業中の金型温度の制御に関し、特に係る制御に用いられる金型温度推定装置と金型温度制御方法及び金型温度制御装置に関する。

〔従来の技術〕

一般に、射出成形機は、その連続射出成形作業中、安定した品質の良い製品を連続的に生産するためには、成形用金型の温度を精度良く制御することが必要である。

ところで、成形用金型のキャビティ内に成型材料である熔融樹脂を充填して成形品を生成している。

このとき、射出装置より射出される熔融樹脂の温度 T_0 〔℃〕は、一般的に成形用金型の温度 θ

〔℃〕よりも高い。このため、熔融樹脂の射出毎に、成形用金型の温度は上昇し、変動する。

しかしながら、従来は係る金型温度の変動を抑制するために、金型の温度を調節する冷却水等の熱媒体の供給装置を、金型が所定の目標温度に安定するまで、オペレータが試行錯誤的に操作していた。

〔発明が解決しようとする問題点〕

このように、従来の技術では、金型温度の変動を推定することなく、オペレータの試行錯誤に頼っていることから、製品歩留りが低いのが現状である。

しかも、係る金型温度の変動を単に外乱として扱う一般的な自動制御では、精度良く金型の温度を制御することが困難である。

また、現実には、応答速度が非常に遅い冷却水等を熱媒体に用いて、金型の温度の調整操作を行っているため、金型等の実際の温度に一々対応させた実時間毎の制御では、却って、安定性の悪い制御を行ってしまうという問題もあった。

前記射出成形機のカ型温度と熔融樹脂温度との少なくともどちらか一方の実測値を検出する温度検出手段と、前記実測値から予め定められた演算式に基づいて射出成形サイクル毎のカ型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有し、前記指令値演算手段は、該時間平均温度と所定の金型温度目標値とから、次回の成形サイクルにおけるカ型の温度が前記金型温度の目標値となるように前記熱媒体温度制御手段への指令値を演算することを特徴とする金型温度制御装置射出成形機が得られる。

〔作用〕

本構成によれば、金型温度推定装置により、金型温度の実測値から、所定の演算に従い、各成形サイクル毎の時間平均温度を算出する。よって、刻々と変化する実時間の金型温度に対して、その時間平均を採ることから、熔融樹脂の射出毎に上昇し変動する成形用金型の温度変化を一々外乱として考慮することなく、安定した温度値（時間平均温度）を以て未来値とすることができる。この

そこで、本発明の技術的課題は、上記欠点に鑑み、金型温度の変動を補償し、応答速度の遅い熱媒体の制御に適した制御を行うための射出成形機のカ型温度推定装置と、それを用いた金型温度制御装置を提供することである。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明によれば、射出成形機のカ型温度を、次回の射出成形サイクルに適した金型温度に設定するための射出成形機のカ型温度推定装置であって、射出成形機のカ型温度の実測値を検出する金型温度検出手段と、前記金型温度の実測値から、予め定められた演算式に基づいて、射出成形サイクル毎のカ型の時間平均温度を演算する時間平均温度演算手段とを有することを特徴とする射出成形機のカ型温度推定装置が得られる。

また、本発明によれば、射出成形機のカ型の温度を調整するために該金型に熱的に接触する熱媒体の温度を制御する熱媒体温度制御手段を有する金型温度制御装置において、金型温度推定装置と指令値演算手段とを備え、該金型温度推定装置は、

未来値に基づいて、次回の成形サイクルにおける金型が所定の目標値温度になるように、金型に熱的に接触する熱媒体の温度を制御する熱媒体温度制御手段に、精密な指令値を与えることができる。即ち、応答速度の遅い実際の制御対象である冷却水等の熱媒体の特質に合致した精密な制御を行うことができる。

さらに、各成形サイクル毎のカ型の時間平均温度を演算することから、その演算式を、状態空間表現に対応させることができる。この状態空間表現は、カ型の任意の地点の温度と金型内の熱伝導率とに関する簡単な演算式として表現されることから、いわゆる、アナログからデジタル系に変換した新規な制御系設計手法として利用することができる。精密かつ迅速な制御を行うことができる。

〔実施例〕

次に、発明の実施例を図面を参照して説明する。

－第1実施例－

第1図に示すとおり、1は金型であり、固定金型及び可動金型からなっている。金型1に射出シ

リング2からの溶融樹脂を射出し、所定の射出成形サイクルに従い、成形品が形成される。

このとき、金型温度は高温の溶融樹脂からの熱により変動する。このため、熱媒体温度制御手段である冷却水温度調整装置8は、後述する金型温度制御装置14からの冷却水温度指令値 θ^* に従い、冷却水循環ポンプ7を駆動させ、次の成形サイクルにおいて金型1が所定の金型温度目標値 θ_r になるように制御する。

金型温度制御装置14は、金型温度の実測値 θ を検出する金型温度検出手段である金型温度センサ11と、その実測値 θ に基づいて演算される今回の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度 $\theta_{(t)}$ を、フィードバック量として出力するフィードバック補償器13と、伝送線12を通じて送られるフィードバック補償器13からのフィードバック量 $\theta_{(t)}$ に、伝送線16を通じて送られる所定の金型温度の目標値 θ_r を合算する加算器3と、合算された値に基づいて、次の射出成形サイクルにおける金型1の温度を所定の設定

温度になるように、冷却水温度調整装置8に、冷却水温度指令値 θ^* を出力する直列補償器10とから構成されている。

ここで、本実施例のフィードバック補償器13における金型の時間平均温度 $\theta_{(t)}$ を導く演算式(谷村、明石;第30回自動制御連合講演会、前刷原稿)と、係る演算式をモデルとして一義的に展開され、射出成形サイクル時間をサンプル周期とする離散時間系における状態空間表現に基づく演算式とを下記に説明する。

まず、金型の熱特性のモデルと金型温度の計算球内の非定常熱伝導への近似とを行うに際し、第2図を用いて、以下の仮定を行う。

①固定金型及び可動金型110及び112と固定プラテン及び可動プラテン114及び116との接合面近傍に加熱装置(図示せず)を設置し、接合面における固定金型及び可動金型110及び112からの放熱を補償することとして、この接合面を断熱面として扱う。

②溶融樹脂(図示しない)から固定金型及び可

動金型への伝熱は、樹脂射出開始時にだけなされ、成形用空隙の近傍に溶融樹脂の温度の平面が一樣な厚みをもって、金型の分割面上に瞬間的に形成されると仮定する。

③固定金型及び可動金型110及び112は、分割面に関し、対象な温度分布を仮定し、分割面を断熱面として扱う。

④固定金型及び可動金型110及び112から周囲外気への放熱は無視する。

⑤分割面と平行な冷却水温度の平面を仮定する。

以上の主な仮定に基づき、第2図に示すように、断熱面150における溶融樹脂温度の等温面と、金型内冷却水管路132近傍に冷却水温度の等温面との夫々の面積を、 A_0 、 A_1 [m^2]とし、その二面間の距離を r_1 [m]とする。

次に、第3図のように、固定金型110を球に近似すると、固定金型110の金型成形面130と金型内冷却水管路132との間の熱伝導を非定常熱伝導として扱い、その温度分布を A_0 、 A_1 、 r_1 を用いて、第1式のように定義する。尚、

r [m]は仮想的な量、 Δr [m]は溶融樹脂温度の平面の厚み、また、温度分布は半径方向のみとして扱う。

$$r_0 = r_1 (A_0 + \sqrt{A_0 \cdot A_1}) / (A_1 - A_0), \quad A_1 > A_0 \quad \dots (1)$$

次に、第(1)式の非定常熱伝導方程式を、第(2)式～第(5)式の偏微分方程式で表す。

$$\partial(r\theta)/\partial t = \kappa \partial^2(r\theta)/\partial r^2 \quad \dots (2)$$

$$\theta_{(t=0)} = f_1(r) \quad \dots (3)$$

$$\theta_{r=a} = \theta, \quad a = r_0 + r_1 \quad \dots (4)$$

$$0 \leq t \leq T \quad \dots (5)$$

但し、 θ [$^{\circ}C$]は金型の温度、 κ [m^2/s]は温度伝導率、 θ [$^{\circ}C$]は冷却水温度、 $f_1(r)$ [$^{\circ}C$]は第1サイクルにおける初期条件、 T [s]は射出周期である。

第(2)式～第(5)式の偏微分方程式を各サイクル毎に解析的に解くと、時刻 t_i における温度 θ は第6式(川下研介:熱伝導論、p334、河出書房1941)のようになる。

$$\theta = \Theta$$

$$+ \frac{2}{a^2} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{kS^2\pi^2 t_i}{a^2}} \cdot \sin \frac{S\pi r}{a} \int_0^a \lambda f_i(\lambda) \sin \frac{S\pi \lambda}{a} d\lambda$$

$$+ \frac{2a\Theta}{\pi r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{S} e^{-\frac{kS^2\pi^2 t_i}{a^2}} \cdot \sin \frac{S\pi r}{a}$$

$$\dots (6)$$

なお、ここで、 $f_i(r)$ を、第 $i-1$ サイクルにおける最終状態 $\theta_{i-1, \tau}$ と第(7)式～第(10)式を用いて定義する。

$$f_i(r) = \theta_{i-1, \tau} = T, \quad 0 < r < r_0 - \Delta r$$

$$\dots (7)$$

$$f_i(r) = T_{\infty}, \quad r_0 - \Delta r \leq r \leq r_0$$

$$\dots (8)$$

$$f_i(r) = \theta_{i-1, \tau} = T, \quad r_0 < r \leq a$$

$$\dots (9)$$

$$\theta_{i, 0, \tau} = \Theta \quad \dots (10)$$

但し、 T_{∞} [°C] は溶融樹脂温度である。

更に、 $f_i(r)$ について、第(11)式～第(13)式のように補間を行う。

$$0 = S_0 < S_1 < S_2 \dots S_{n-1} < S_n \dots (11)$$

$$f_i(r) = f_i(S_j), \quad 0 < r < S_1$$

$$\dots (12)$$

$$f_i(r) = (f_i(S_j) - f_i(S_{j+1})) / (S_j - S_{j+1}) \cdot r + (S_j \cdot f_i(S_{j+1}) - S_{j+1} \cdot f_i(S_j)) / (S_j - S_{j+1}),$$

$$S_j < r < S_{j+1} \quad \dots (13)$$

これを用いて、第(7)式の第2項の積分を解析的に解く。ここで、その計算例として、第10サイクルの解を第4図に示す。

次に、第(6)式の解 θ に関して、下記の第(14)式により、各サイクル毎の時間平均温度 $\theta_{i, (1, \dots)}$ [°C] が求められる。

$$\theta_{i, (1, \dots)} =$$

$$\Theta_{i, (1)} + \frac{2}{a^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^2 \left(e^{-\frac{kS^2\pi^2}{a^2} T} - 1 \right)}{-kS^2\pi^2} \cdot \sin \frac{S\pi r}{a} \times$$

$$\int_0^a \lambda (f_i(\lambda) - \Theta_{i, (1)}) \sin \frac{S\pi \lambda}{a} d\lambda$$

$$\dots (14)$$

この計算例を第5図に示す。

なお、上記第(6)式と第(14)式における無限級数は、実用上、有限項数で打ち切ることができる。又、実測の時間平均温度と、第(14)式の計算値との適合度は、 κ と Δr の調整によって向上させることができる。

次に、状態空間表現を用いた演算式(ダイナミックスシステムのデジタル制御; G. F. フランクリン、J. D. パウエル著、羽根田博正訳、森北出版、(1985), pp128~133)を説明する。

まず、本実施例における状態空間表現を用いた演算式は、先の第(6)式を展開した第(14)式を、さらに、無限次元から有限次元に変換、即ち、アナログからデジタル系に変換するものである。これを、下記の第(15)式に示す。

$$X_{i+1, (1)} = A X_{i, (1)} + b \Theta_{i, (1)} + e T_{\infty}$$

$$Y_{i+1, (1, \dots)} = C X_{i, (1)} + d \Theta_{i, (1)} + f T_{\infty}$$

$$\dots (15)$$

ここで、 $X_{i, (1)}$ 、 $X_{i+1, (1)}$ は共に推定値であり、夫々、第1回目及び第1+1回目の射出成形サイクルにおける射出直前の金型内の温度分布を表現

する状態ベクトル、 $\Theta_{i, (1)}$ は第1回目の射出成形サイクルにおける冷却水温度、 T_{∞} は溶融樹脂の温度、 $Y_{i+1, (1, \dots)}$ は第1回目の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度の推定値である。即ち、第(15)式とは、 $Y_{i+1, (1, \dots)}$ 、 $X_{i+1, (1)}$ 、 $X_{i, (1)}$ 、 $\Theta_{i, (1)}$ 、 T_{∞} に関する状態空間表現であり、換言すれば、溶融樹脂温度の検出値と金型温度の検出値と金型内の熱伝導とに関する簡単な演算式に基づいて、各射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を与えるものである。

— 第2の実施例 —

第2の実施例を第6図に示す。但し、第1図と同一の参照符号により示されるものは、同様の機能を有し、その説明を省略する。

本実施例の金型温度制御装置14は、金型の時間平均温度を演算する金型温度推定部(図示しない)と、伝送線16からの金型温度目標値を受け、冷却水温調整装置8への指令値を演算する指令値演算部(図示しない)とからなる演算部24と、さらに、演算部24の演算内容を補正する補正部

25とを有している。なお、後述するように、演算部24と補正部25とは、適応観測器より実現されるものである。

演算部24は、溶融樹脂の温度を検出する溶融樹脂温度センサ20より検出された溶融樹脂温度 T_m と冷却水の設定温度 θ とから、未来の金型温度である各射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度 $\theta_{(1)}, \dots$ を演算して推定し、係る時間平均温度 $\theta_{(1)}, \dots$ に基づいて、所定の金型温度を実現しうる冷却水温度 θ^* を求め、この冷却水温度 θ^* を指令値 θ^* として、冷却水温調整装置8に出力する。冷却水温調整装置8は冷却水温度が指令値 θ^* に従った温度になるように調整を行う。

ここで、補正部25は、各射出成形サイクル終了後、金型温度センサ11により検出された金型温度に基づく時間平均温度の実測値 $Y_{(1)}, \dots$ と演算された時間平均温度 $Y_{(1)}, \dots$ とを入力して、演算部24の演算内容におけるパラメータを、実測値 $Y_{(1)}, \dots$ に対応するように補正する。さらに、演算部24は、パラメータを補正される度に、所

定の金型温度を実現しうる冷却水温度 θ^* を再計算する。

なお、樹脂温度 T_m の変動が小さい場合には、樹脂温度 T_m も一定値として扱い、溶融樹脂温度センサ20を省略することができる。

次に、補正部25によるパラメータの補正演算内容を具体的に説明する。

まず、金型温度推定部における金型の時間平均温度 $Y_{(1)}, \dots$ は、第1の実施例に記載したように、下記の状態空間表現を用いた第(16)式で表される。

$$\begin{aligned} X_{(1), \dots} &= A(x) X_{(1)} + b(x) \theta_{(1)} \\ &\quad + e(x) T_m \\ Y_{(1), \dots} &= C(x) X_{(1)} + d(x) \theta_{(1)} \\ &\quad + f(x) T_m \quad \dots (16) \end{aligned}$$

第(15)式と同様に、 $X_{(1)}, X_{(1), \dots}$ は共に推定値であり、夫々、第1回目の射出成形サイクルにおける射出直前の金型内の温度分布を表現する状態ベクトル、 $\theta_{(1)}$ は第1回目の射出成形サイクルにおける冷却水温度、 T_R は溶融樹脂の温

度、 $Y_{(1), \dots}$ は第1回目の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度の推定値である。また、 $A(x), b(x), C(x), d(x), e(x), f(x)$ は、 κ をパラメータとする行列である。

一方、補正部25では、まず、第1回目の射出成形サイクル終了後、金型温度センサ11からの金型温度の実測値から、第1回目の射出成形サイクルにおける金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1), \dots}$ を求める。次に、実際に検出された時間平均温度 $Y_{(1), \dots}$ と演算部24より演算された時間平均温度 $Y_{(1), \dots}$ との差から、パラメータ κ の補正分 $\Delta \kappa$ を下記の第(17)式に基づいて計算する。

$$\begin{aligned} \Delta \kappa &= -\kappa \cdot (Y_{(1), \dots} - Y_{(1), \dots}) / \\ &\quad (X_m_{(1), \dots} - Y_{(1), \dots}) \quad \dots (17) \end{aligned}$$

但し、 $X_m_{(1), \dots}$ は、 $X_{(1), \dots}$ なるベクトルの第 m 行目の要素で、金型温度センサ11が金型1の温度を検出する任意の位置の時間平均温度の推定値である。

ここで、第(17)式は、金型の時間平均温度 $\theta_{(1), \dots}$ を求める第(14)式より解析的に求め

られる。即ち、第1回目の射出成形サイクルにおいて、パラメータ κ の $\Delta \kappa$ は、

$$\begin{aligned} \Delta \kappa &= -\kappa \cdot (Y_{(1), \dots} - Y_{(1), \dots}) / \\ &\quad (\partial Y_{(1), \dots} / \partial \kappa) \quad \dots (18) \end{aligned}$$

として求められる。このとき、第(14)式によれば、 $\partial Y_{(1), \dots} / \partial \kappa$ が、解析的に求められることから、それを第(18)式に代入して、第(17)式が得られる。

また、第(17)式の修正則では、補正部15の補正動作の感度が高すぎる場合に、 $0 < \alpha < 1$ なる適当な数 α を用いて、

$$\begin{aligned} \Delta \kappa &= -\alpha \kappa \cdot (Y_{(1), \dots} - Y_{(1), \dots}) / \\ &\quad (X_m_{(1), \dots} - Y_{(1), \dots}) \quad \dots (19) \end{aligned}$$

としても良い。

これにより、第(17)式により得られた $\Delta \kappa$ を用いて、補正部25は、まず、演算部24の演算内容(第(17)式)におけるパラメータ κ を、 $\kappa + \Delta \kappa$ に補正する。同時に、演算部24では、パラメータ κ が更新される度に、所定の金型温度の目標値 θ_r を実現しうる冷却水温度 θ^* (指令

値)が再計算され、冷却水温調整装置8に出力される。

係る指令値 θ^* は、下記の第(20)式に基づいて計算されている。

$$\begin{aligned} X^* &= A(z) X^* + b(z) \theta^* + e(z) T_a \\ \theta_r &= C(z) X^* + d(z) \theta^* + e(z) T_a \\ &\dots (20) \end{aligned}$$

但し、 X^* は $X_{(1),1}$ と同じサイズのベクトルである。

このように、補正部25で演算部24のパラメータ k を補正する際に、未知パラメータ($k + \Delta k$)を同定しながら状態変数($X_{(1),1}$)を推定する機構を適応観測器(適応制御;市川邦彦ほか、昭晃堂、(1984)PP.54)と定義する。

—第3の実施例—

第3の実施例を、第7図及び第8図に示す。但し、第1図と同一の参照符号により示されるものは、同様の機能を有し、その説明を省略する。

本実施例の金型温度制御装置14は、溶融樹脂温度センサ20と、金型温度センサ11と、適応

$Y_{(1),1}$ と、金型温度平均値計算器18より得られた金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1),1}$ との偏差に、 L を乗じ、第1+1回目の射出直前の金型内の温度分布 $X_{(1),1}$ を、実測値 $Y_{(1),1}$ に $Y_{(1),1}$ が一致するように補正する。推定部34からの金型内の温度分布 $X_{(1),1}$ は、伝送線17を介して、フィードバック量計算部35に出力される。

フィードバック量計算部35は、 L を乗じることにより充分精度良く推定された金型内の温度分布 $X_{(1),1}$ に基づいて、第1回目の金型内の温度分布 $X_{(1),1}$ に、所定の金型の目標温度 θ_r を実現するように、 K を乗じ、フィードバック量を計算する。得られたフィードバック量は、伝送線12を介して加算器3に帰還し、所定の金型目標温度 θ_r と加算されて、冷却水温調整装置8に出力される。但し、 K 、 L は、共に列ベクトルである。

なお、推定部34に相当する適応観測器とフィードバック量計算器35とを有する場合の制御系の設計方法には、「ダイナミックシステムのディ

観測器からなる推定部34と、推定した金型内の温度分布に基づいてフィードバック量を計算するフィードバック量計算部35とを有している。また、金型温度平均値計算器18が、推定部34に内蔵されており、金型温度センサ11からの金型温度の実測値から、射出成形サイクル終了後の金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1),1}$ を算出している。

まず、推定部34では、第1の実施例と同様に、第1回目の射出成形サイクルにおける射出直前の金型内の温度分布 $X_{(1),1}$ 、第1回目の射出成形サイクル中における冷却水温度 θ 、溶融樹脂温度 T_R から、第(15)式に従い、第1回目の金型の時間平均温度 $Y_{(1),1}$ と、第1+1回目の射出直前の金型内の温度分布 $X_{(1),1}$ とを算出する。

次に、第1回目の射出成形サイクル終了後、金型温度平均値計算器18により、第1回目の金型の時間平均温度の実測値 $Y_{(1),1}$ が算出される。

このとき、推定部34は、上記第(15)式より算出された第1回目の金型の時間平均温度

デジタル制御;G. F. フランクリン, J. D. バウエル著, 羽根田博正訳, 森北出版, (1985), pp 139)を用いても良い。

また、第1、第2及び第3の実施例において、冷却水温度は、実測値を用いてもよく、また、設定値通りに調整されていると仮定して、その設定値を用いてもよい。同様に、溶融樹脂温度も、実測値を用いてもよく、また、設定値通りに調整されていると仮定して、その設定値を用いてもよい。

[発明の効果]

以上の説明のとおり、本発明の射出成形機の金型温度推定装置によれば、連続射出成形作業中において、金型温度の実測値から射出成形サイクル毎の金型の時間平均温度を推定することから、金型の温度変動を、外乱として扱うことなく補償することができ、応答速度の遅い熱媒体に適した制御を行うことができる。

また、金型の時間平均温度を用いることから、状態空間表現を以て、簡単な式で、精度の良い推定を行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例の金型温度制御装置を備えた射出成形機のブロック図、第2図は金型を簡略化した透視斜視図、第3図は固定金型を球に近似させた場合を表すモデル図、第4図は第10サイクルにおける金型内の温度分布の変化を示す図、第5図は第(14)式による第1～第6射出成形サイクルの金型の時間平均温度 θ_1 の計算例を表す図、第6図は本発明の第2の実施例の金型温度制御装置を備えた射出成形機のブロック図、第7図は本発明の第3の実施例の金型温度制御装置のブロック図、第8図は本発明の第3の実施例の金型温度制御装置のブロック図である。

1…金型、2…射出シリンダ、3…加算器、7…冷却水循環ポンプ、8…冷却水温調整装置、10…直列補償器、11…金型温度センサ、13…フィードバック補償器、14…金型温度制御装置、16…金型温度目標値用伝送線、18…金型

温度平均値計算器、20…溶融樹脂温度センサ、24…演算部、25…補正部、34…推定部、35…フィードバック量計算部、

代理人 (5841) 弁理士 芦田 垣

